

СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В АУСТЕНИТНО-ФЕРРИТНОЙ И ФЕРРИТНОЙ СТАЛЯХ ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Левина А.В.

Руководитель - проф., д.т.н. Мальцева Л.А.

УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,
mla44@mail.ru

Одним из важных моментов, обеспечивающих эффективное упрочнение коррозионно-стойких многокомпонентных сталей является правильный выбор оптимального режима термомеханической обработки и подготовки структуры перед проведением старения. К последнему можно отнести уровень дефектности структуры перед старением, степень пересыщения матрицы. Аустенитно-ферритные стали (дуплексные) стали находят широкое применение в различных отраслях современной техники, особенно в точном машиностроении, химическом машиностроении и других областях, в которых эксплуатация пружин, упругих элементов и деталей связана с агрессивной средой. Основные преимущества этих сталей – повышенный предел текучести в закаленном состоянии по сравнению с аустенитными однофазными сталями, меньшая склонность к МКК и отсутствие склонности к росту зерна. Исследуемая в данной работе аустенитно-ферритная сталь 03X13H10K5M2Ю2Т¹ имеет пониженное содержание хрома по сравнению с промышленными дуплекс-сталями, что позволило сохранить высокую коррозионную стойкость в умеренно агрессивных средах и подавить выделение σ -фазы. В исследуемой стали после закалки соотношение между аустенитом и δ -ферритом составляет порядка 50:50 и сохраняется в интервале температур 900..1100°C. Изменяя температуру закалки в данной стали можно регулировать количество δ -феррита. Следует отметить, что микротвердость δ -феррита, значительно превышает микротвердость аустенита, что связано с наличием в δ -феррите закаленной стали упорядоченной фазы типа NiAl. Для получения информации о причине столь высокой твердости δ -феррита были проведены электронно-микроструктурные исследования различных зон стали 03X13H10K5M2Ю2Т после лазерной обработки с оплавлением, которые показали, что структура поверхностной зоны лазерного воздействия сформирована зернами δ -феррита с дисперсными частицами β_2 – фазы (упорядоченной ОЦК-фазы на основе интерметаллида FeNiAl. Соседние зерна δ -феррита имеют существенно различную кристаллографическую ориентировку, а для их субструктуры не характерна высокая плотность дислокаций. Структура переходной зоны сформирована зернами двух фаз – δ -феррита и аустенита. Для δ -феррита

¹ Исследование проведено при финансовой поддержке молодых ученых УрФУ в рамках реализации программы развития УрФУ

также характерно наличие слабо ориентированных субзерен и присутствие дисперсных включений β_2 –фазы. Для аустенита характерно отсутствие выделений дисперсных внутризеренных фаз и наличие высокой плотности дислокаций. Интересны некоторые структурные особенности перехода от ферритной к феррито-аустенитной структуре. На периферии зерна δ -феррита располагаются фрагменты аустенита идентичной кристаллографической ориентации. При этом относительная ориентация решеток δ - и γ -фаз близка к ориентационному соотношению Курдюмова-Закса.

Последующее старение закаленной аустенитно-ферритной стали вызывает незначительное повышение твердости обоих твердых растворов.

В процессе упругопластического деформирования одноосным растяжением в магнито-измерительном комплексе Remagraph C-500 было показано, что намагниченность стали возрастает за счет распада метастабильного аустенита и образования α' –мартенсита в дополнение к имеющемуся в структуре δ -ферриту. При достижении предела текучести интенсивность намагниченности насыщения возрастает, так что к моменту образования шейки на образце значение M_s увеличивается почти на 20% по сравнению с исходным. На стадии развитой пластической деформации происходит более интенсивный по сравнению с областью упругой деформации, процесс распада аустенита и образования α' –мартенсита, сопровождающейся возрастанием намагниченности насыщения исследованной стали. Деформационная нестабильность аустенита аустенитно-ферритной стали наблюдалась и при проведении холодной пластической деформации волочением. Электронно-микроструктурные и рентгеноструктурные исследования позволили выявить следующие закономерности формирования дислокационных субструктур в ходе волочения: сетчатой субструктуры \rightarrow ячеистой \rightarrow фрагментированной. Увеличение дефектности структуры при холодной пластической деформации и количества ОЦК фазы приводит к существенному увеличению прироста прочностных свойств в результате проведения последеформационного старения. Выявленная причина столь высокой твердости δ -феррита в многокомпонентных сплавах на Fe-Cr-Ni основе с дополнительным легированием молибденом и алюминием привела к разработке новых высокопрочных ферритных сталей различных составов, в которых за счет строго сбалансированного легирования в структуре сохраняется ферритный класс. Измерение твердости и микротвердости вновь разработанных и исследуемых сталей выявило чрезвычайно высокую твердость δ -феррита уже в закаленном состоянии, за счет дисперсных упорядоченных выделений β_2 –фазы. Последующее старение этих сталей приводит к дополнительному повышению прочностных свойств.